

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-099358

(43)Date of publication of application : 11.04.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/105

H01S 3/06

(21)Application number : 05-242265

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 29.09.1993

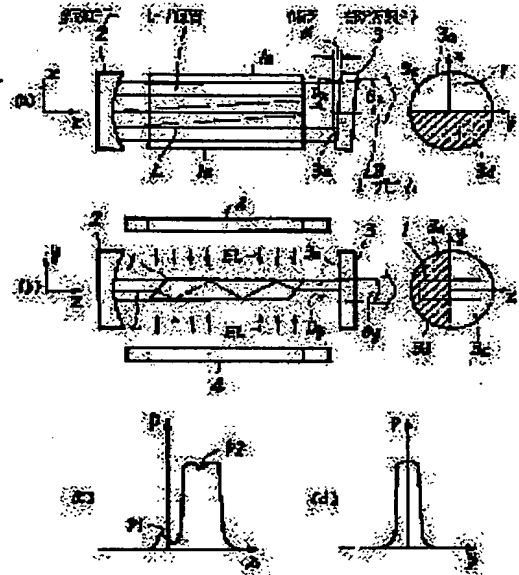
(72)Inventor : NAGASHIMA TAKAHIRO

## (54) SOLID STATE-LASER SYSTEM

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To facilitate the laser beam transfer through the intermediary of a photoconductor by a method wherein the product of the beam waist  $D$  and divergent angle of laser beams is reduced to intensify the beam focussing for unifying the power density in beam section.

**CONSTITUTION:** A laser resonator system is composed of laser medium 1 in rectangular slab shape, etc., held by a total reflection mirror 2 and a partial reflection mirror 3, the partial reflection mirror 3 is formed so as to fluctuate the reflectance stepwise in the  $x$  direction so that the low reflectance part 3c may be adjusted to assume an attitude having a gradient slightly keeping the part 3c away from the end face of the laser medium as well as the reciprocating path in the  $z$  direction inside the resonator system of laser beams  $L$  may be taken out as the laser beam  $LB$  from the low reflectance part 3c of the partial reflection mirror 3 while making the reciprocating path gradually slip in the  $x$  direction.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 9 9 3 5 8

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 4 月 11 日

(51) Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H01S 3/105

3/06

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 5 - 2 4 2 2 6 5

(22) 出願日 平成 5 年 (1993) 9 月 2 9 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 5 2 3 4

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

(72) 発明者 長嶋 崇弘

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

富士電機株式会社内

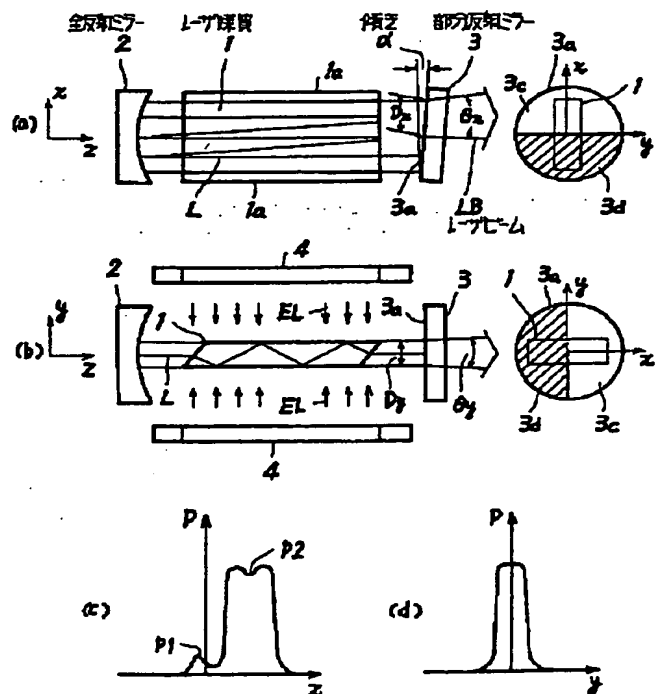
(74) 代理人 弁理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 固体レーザー装置

(57) 【要約】

【目的】 レーザビーム LB のビームウエスト D と広がり角  $\theta$  の積である  $\theta D$  を減少させてビームの集光をシャープにし、ビームの断面内の電力密度 P を均一にして光導体を介するレーザビームの伝達を容易にする。

【構成】 断面が長方形のスラブ形等のレーザ媒質 1 を全反射ミラー 2 と部分反射ミラー 3 の相互間に挟んでレーザ共振系を構成し、部分反射ミラー 3 をその反射率が x 方向にステップ状に変化するよう形成してその低反射率部 3c がレーザ媒質 1 の端面から僅か遠ざかるように傾き  $\alpha$  をもつ姿勢に調整し、レーザ光 L の共振系内の z 方向の往復経路を x 方向に次第にずらせながら部分反射ミラー 3 の低反射率部 3c からレーザビーム LB として取り出す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固体のレーザ媒質を全反射ミラーと部分反射ミラーの相互間に挟んでレーザ共振系を構成し部分反射ミラーからレーザビームを取り出すレーザ装置において、部分反射ミラーを反射率が所定方向にステップ状に異なるように構成して低反射率部分がレーザ媒質の端面から僅かに遠ざかるようにその姿勢を傾けて調整するようにしたことを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の装置において、部分反射ミラーを部分反射性および全反射性の 2 段の反射率にし、レーザビームを部分反射性の範囲から取り出すようにしたことを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の装置において、部分反射ミラーの部分反射性範囲を 0 ~ 50 % の反射率とすることを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の装置において、レーザ媒質に断面が長方形のスラブ形状の光学結晶を用い、その断面の長径方向に部分反射ミラーの反射率を異ならせるようにしたことを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の装置において、全反射ミラーをレーザ媒質の断面の短径方向に曲率をもつ凹な円筒面状のミラーに構成するようにしたことを特徴とする固体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】 本発明はレーザ加工等のためいわゆるスラブ形等の断面積が広い固体のレーザ媒質を用いる大電力発振にとくに適する固体レーザ装置に関する。

## 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 周知のように、固体レーザ装置では固体レーザ媒質を全反射ミラーと部分反射ミラーの相互間に挟んでレーザ共振系を構成し、部分反射ミラーの方からレーザビームを取り出すが、大電力発振用の場合を含めてレーザ共振系をいわゆる安定共振系として構成するのが通例であり、その代表例を図 3 を参照してスラブ形のレーザ媒質を用いる場合について以下に説明する。

【 0 0 0 3 】 図 3 (a) はスラブレーザ装置の概要構成を示す上面図であり、例えば Nd を含む YAG である固体のレーザ媒質 1 はその下側に示すように x 方向の幅が y 方向の厚みよりかなり大きい長方形のスラブ状の断面をもち、光軸方向である z 方向にももちろん細長い形状に形成される。かかるレーザ媒質 1 の z 方向の一方側に配設される全反射ミラー 2 はレーザ光 L に対し全反射性のふつうは凹な球面を備え、他方側に配設されるふつうは平面状の部分反射ミラー 3 は一面が部分反射面 3a、他面が反射防止面 3b とされる。これらミラー 2、3 とレーザ媒質 1 は正確に光軸合わせしかつミラー間隔を全反射ミラー 2 の球面の曲率に応じて調整した状態でレーザ光 L に対する安定共振系を構成し、部分反射ミラー 3 側からレーザ光 L がレーザビーム LB として取り出される。

【 0 0 0 4 】 図 3 (b) はこのスラブレーザ装置の側面図である。図のようにレーザ媒質 1 の上下にその光励起用の励起光源 4 として例えば放電灯を配設し、レーザ媒質 1 の上下面である図 3 (a) のその広い xz 面に y 方向から励起光 EL を与える。この励起光源 4 を数百 Hz の周波数で交流点灯してレーザ装置を同じ周波数で繰り返し発振させるのが通例であるが、レーザビーム LB を数百 W 程度の高出力で取り出すには強力な励起光 EL を与える必要があり、レーザ媒質 1 が過熱されないようにレーザ装置のミラー 2、3 を除く部分を水冷するのがふつうである。ところが、これに伴いレーザ媒質 1 の内部に温度勾配が発生し、その光屈折率がもつ温度依存性のためにレーザ媒質 1 がレーザ光 L にいわゆる熱レンズ効果を及ぼすので、レーザ装置から取り出すレーザビーム LB の広がり角が大きくなりレーザビームとしての本来の特質が低下して来る問題がある。

【 0 0 0 5 】 このため、スラブ形のレーザ媒質 1 では図 3 (b) に示すように両端面を斜面に形成して内部でレーザ光 L を上下面で全反射させながらジグザグ状に進行させることにより、最も大な温度勾配が出やすい y 方向についてレーザ光 L の通過する個所の屈折率を平均化してレーザビーム LB の y 方向の広がり角  $\theta$  を抑制する。さらに、レーザ媒質 1 の x 方向についても y 方向ほどではないが温度勾配が当然生じるので、図 1 (a) のようにレーザ媒質 1 の両側面である両 yz 面に熱絶縁 1a を設けて x 方向の内部の熱流、つまり温度勾配を極力減少させてレーザビーム LB の x 方向の広がり角  $\theta$  も抑制する。

【 0 0 0 6 】 図 3 (c) と図 3 (d) に以上のようにして発振されたレーザビーム LB のそれぞれ x 方向と y 方向の電力密度 P をいわゆる遠視野像により示す。図 3 の従来例ではレーザ媒質 1 が長方形断面をもつスラブ形であるから、電力密度 P は図 3 (c) のように x 方向には広い幅に応じた広い分布を、図 3 (d) のように y 方向には薄い厚みに応じた狭い分布をそれぞれ有する。

## 【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】 以上のように固体レーザ装置では、レーザビーム LB を狭い広がり角で取り出すために固体のレーザ媒質 1 の熱レンズ効果を補償ないしは防止する手段を講ずることが可能であるが、その抑制効果は必ずしも充分でなく、とくにレーザ装置の大電力化のためにレーザ媒質の断面積を増したときに抑制が困難な問題がある。なお、レーザビーム LB の広がり角を  $\theta$  とし、ビーム断面が最小なふつう出射窓の径や幅であるビームウエストを D とすると、 $\theta D$  積は例えばレンズによる集光後にも変わらないことが知られており、これが大きいと小さな焦点に集光する際に不利になるので、この  $\theta D$  積がレーザ加工等に用いるレーザビームの性能を示す尺度として用いられる。

【 0 0 0 8 】 これを上述の図 3 の従来のスラブレーザ装置について見ると、図 3 (b) に示すように y 方向のビー

ムウエスト幅D、はレーザ媒質1の薄い厚みに応じて狭く、広がり角 $\theta$ 、の方もレーザ光Lを前述のジグザグ状光路を進行させることにより5mRad程度以下に抑制できるので、y方向には $\theta$ D積をかなり小さくできるが、x方向については図3(a)に示すようにビームウエスト幅D、がレーザ媒質1の広い幅に応じて元々広く、広がり角 $\theta$ 、の方も前述の熱絶縁1aの効果が必ずしも完全でないため例えば15~20mRad程度になるので、x方向には $\theta$ D積がy方向に比べて1桁程度も大きくなりやすい。

【0009】かかる問題を解決するために固体レーザ装置の共振系を不安定共振状態にすることが従来から知られている。これは、例えば全反射ミラー2の凹面にもたせる曲率を安定共振条件から少しずらして、レーザ光Lが共振系の両ミラー2と3の間を往復する内に光軸ないし中心軸に近付いて行くようにするもので、部分反射ミラー3の反射率を適切に選定すれば広がり角 $\theta$ を1mRad程度ないしそれ以下に減少させて $\theta$ D積を小さくすることができる。

【0010】しかし、この不安定共振系を用いるレーザ装置ではレーザ光Lを光軸の付近に集めて行くためレーザビームLBの電力密度Pが図3(c)や図3(d)のような均一分布と異なり光軸上で非常に高いガウス分布になり、光ファイバを用いてレーザビームLBを所望の個所に導く際に不利になる。すなわち、レーザを用いて例えば加工を施す際にはレーザ装置からレーザビームを細い光ファイバ束を通して加工個所に導いた上で小さな焦点に集光するが、レーザビームを光ファイバ束に通すためにレンズによりその断面に絞ると元々ガウス分布であるビームの中心の電力密度があまりにも高くなり過ぎて光ファイバを破壊しやすい。

【0011】このようにレーザビームLBを光導体を介して導く上ではその電力密度Pの均一分布が望ましく、不安定共振系を用いる解決手段はこれに逆行することになる。また、この手段ではレーザビームLBのx方向とy方向の $\theta$ D積に差がある場合の解決にはならず、さらに実際面では不安定共振条件の調整がかなり微妙であってレーザ装置の運転中にこの調整に狂いが出てレーザの出力が低下しやすい問題があることが知られている。

【0012】かかる問題点に鑑みて本発明の目的は、 $\theta$ D積が小さく電力密度分布が均一なレーザビームを発振できる固体レーザ装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明によれば上記目的は、固体レーザ媒質を全反射および部分反射ミラーの相互間に挟んでレーザ共振系を構成して部分反射ミラーからレーザビームを取り出すレーザ装置において、部分反射ミラーを反射率が所定方向にステップ状に異なるように構成して低反射率部分がレーザ媒質の端面から僅かに遠ざかるようにその姿勢を傾けて調整することによって達成される。

【0014】なお、本発明において部分反射ミラーに賦与する反射率の上述のステップ状の変化は反射率の差を極力大きく設定するのがよく、実用的にはその反射率を部分反射性と全反射性の2段に変化させるのが有利である。この際、部分反射性部の反射率は0~50%の範囲、より望ましくは0~10%の範囲に設定するのがよい。このように部分反射ミラーの反射率を2段に変化させる場合にはレーザビームを部分反射性部から取り出すが、部分反射ミラー内の部分反射性部の比率は必要に応じて任意に、例えば50%程度に設定することができる。

【0015】固体レーザ媒質に長方形断面をもつ前述のスラブ形の光学結晶を用いる場合は部分反射ミラーの反射率をステップ状に異ならせる方向を断面の長径方向にするのがとくに有利である。また、かかる態様では全反射ミラーとしてレーザ媒質の断面の短径方向に曲率をもつ凹面円筒面状のミラーを用いるのがレーザビームの電力密度をできるだけ均一化し、さらには前述の $\theta$ D積をxとy両方向についてほぼ揃える上で有利である。

【0016】このような構成の本発明の固体レーザ装置において、部分反射ミラーの姿勢の傾き角度を調整する要領はふつう最大電力のレーザビームを固体レーザ装置から取り出せるよう行なうことでよく、この要領で調整された傾き角度は場合により異なって来るが例えば0.1~0.2度とごく僅かなのがふつうである。

【0017】

【作用】本発明の固体レーザ装置は、レーザビームの取り出し側である部分反射ミラーを前項の構成にいうようその反射率が所定方向にステップ状に異なるように構成して、レーザ共振系内を往復するレーザ光を主としてないしはもっぱら部分反射ミラーの低反射率部分からレーザビームとして取り出すことによって、ビームの出力をあまり減少させることなく、しかもビーム内の電力密度分布をほぼ均一に保ちながらビームウエスト幅Dを所定方向に狭めるとともに、前項の構成にいうよう部分反射ミラーをその低反射率部分がレーザ媒質の端面から僅かに遠ざかるよう姿勢を傾けて調整して、レーザビームとして取り出す前のレーザ光がレーザ共振系内を往復する経路を部分反射ミラーの反射率の変化方向に次第にずらせて固体レーザ媒質内の温度勾配による屈折率変化の影響を平均化することにより、熱レンズ効果を弱めて広がり角 $\theta$ を狭め、これとビームウエスト幅Dとで決まるレーザビームの $\theta$ D積を従来より減少させるものである。

【0018】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。図1と図2は本発明の固体レーザ装置のそれぞれ異なる実施例を従来の図3と同様に上面図と側面図とレーザビームの電力密度分布図により示すもので、図3に対応する部分には同じ符号が付けられているので説明済みの部分に対する説明は重複を極力避けるため適宜省略することとする。

【0019】なお、図1および図2に示す実施例では固体レーザ装置をレーザ媒質に断面が長方形のスラブ形の光学結晶を用いるスラブレーザ装置とし、部分反射ミラーの反射率をスラブ形レーザ媒質の断面の長径方向に部分反射性と全反射性の2段に異ならせるものとするが、本発明はもちろんこれら特定の実施例に限らず必要に応じて種々の態様で実施をすることができる。

【0020】図1の実施例では、同図(a)と(b)に示すように長方形断面のスラブ形の光学結晶からなり両端面が斜面に形成され両側面に熱絶縁1aをもつレーザ媒質1と、凹な球面状の反射面をもつ全反射ミラー2は図3の従来例と同じであるが、部分反射ミラー3の反射面3aが図の右側に示すようレーザ媒質1の断面の長径方向であるx方向に部分反射部3cと全反射部3dに分けられ、かつ図1(a)に示すように部分反射ミラー3の姿勢が僅かな角度 $\alpha$ だけ傾けて調整される点異なる。励起光源4を交流点灯するのは従来と同じであり、固体レーザ装置をその励起光ELにより例えば200Hzの繰り返し周波数で断続的に発振させる。

【0021】図1(a)と(b)の右側に示すように部分反射ミラー3の部分反射部3cと全反射部3dは、この実施例ではレーザ媒質1の断面をx方向にほぼ2分するように区分される。本発明の実施結果によれば、部分反射部3cと全反射部3dの反射率の差は大きく設定するのがよく、このため部分反射部3cの反射率は0~50%の範囲内、より望ましくは0~10%の範囲内に設定するのがよい。部分反射ミラー3が石英ガラスの場合はコーティングなし表面が3.5%程度の反射率をもつので、これをそのまま部分反射部3cに用いるのが最も簡単かつ有利である。レーザビームLBは図1(a)に示すように部分反射ミラー3から、この実施例では部分反射部3cのみから従来よりも狭いビームウエスト幅D<sub>1</sub>で取り出される。

【0022】本発明においても、全反射ミラー2の反射凹面には安定共振系の構成に適した曲率を賦与するのはもちろん、部分反射ミラー3に所定の傾き $\alpha$ を賦与する前に両ミラー2と3の相互間隔を安定共振条件を満たすようにあらかじめ正確に調整して置くのがよい。傾き角度 $\alpha$ の調整は実用的にはレーザビームLBの図1(c)や(d)に示す電力密度Pないしビームの強度が最大になるよう行なうことでよく、この方法で調整された傾き $\alpha$ は場合によりもちろん異なるが0.1~0.2度のごく僅かな角度になるのがふつうである。

【0023】以上のように構成かつ調整された本発明の固体レーザ装置では、レーザ光Lは図1(b)のようにレーザ媒質1の内部を従来と同じくy方向に進退しながら進行するほか、図1(a)のようにレーザ共振系内をz方向に往復しながらx方向にも進行した上で部分反射ミラー3からレーザビームLBとして取り出される。なお、部分反射ミラー3のこの実施例での全反射部3dと全反射ミラー2の間に発生するレーザ光Lは直ちには取り出され

ないが、部分反射ミラー3がもつ傾き $\alpha$ によりx方向に次第にずれる経路を通った上で部分反射部3cから途中の若干の損失分を除いて取り出される。これからわかるよう、本発明のレーザ装置はレーザ光Lをx方向に進行させながら取り出すいわば不安定ないしは準安定なレーザ共振系を用いるものであって、共振系内のレーザ光Lの平均往復回数が増えるために内部損失が若干とも増加するが、この図1の実施例のレーザビームLBの電力としては従来の80~90%を取り出すことができる。

【0024】一方、レーザビームLBのx方向のビームウエスト幅D<sub>1</sub>が従来より狭く、この実施例では半分になり、従ってレーザビームLBの断面積も半分程度になるので、図1(c)と(d)に実測結果を示すxとy方向のビームの電力密度Pは従来よりも高く例えば1.6~1.8倍になる。また、レーザビームLBとして取り出される前のレーザ光Lの共振系内の往復路がx方向にずれて行く間にレーザ媒質1内の温度勾配による屈折率の変化の影響が平均化されるので、x方向のレーザビームLBの広がり角 $\theta$ が従来よりも減少し、ビームウエスト幅D<sub>1</sub>の減少と相換ってこの実施例ではx方向の $\theta D$ 積が従来の2~3分の1に減少する。y方向については $\theta D$ 積が従来と同等かやや小さいめになる。

【0025】また、本発明の固体レーザ装置では、図1(c)に示すようにレーザビームLBの電力密度Pのピークは部分反射ミラー3の傾き $\alpha$ に対応してx方向には光軸からややずれた位置に発生するが、そのピーク内のx方向の分布は図示のようにほぼ均一である。図1(d)に示すy方向では、電力密度Pはピークが光軸と一致し、その分布はほぼ均一である。なお、この実測結果例では図1(a)の電力密度Pのx方向の分布には光軸付近に小ピークp1が観察され、主ピークの中央部にも負の小ピークp2が観察される。この原因はあまり明確ではないが、全反射ミラー2の反射凹面、とくにその周縁部による影響と考えられる。

【0026】図2に示す実施例では、部分反射ミラー2をy方向、つまりスラブ形のレーザ媒質1の断面の短径方向にのみ曲率をもちx方向には平坦である凹な円筒面状の反射面をもつシリンドリカルミラーに形成する。また、図2(a)と(b)の右側に示すように、部分反射ミラー3をその部分反射部3cを全反射部3dよりも狭く形成する点が図1の実施例と異なる。この部分反射部3cはx方向の例えば30~40%に相当するよう形成される。なお、図2(a)と(b)に示す残余の部分は前実施例ととくに変わるところはない。

【0027】この実施例では、レーザ光Lに対する全反射ミラー2の集束力が前実施例より低くて若干の散逸損失が発生するのでレーザビームLBの電力が従来の70%程度になるが、図2(c)の実測結果に示すようにそのx方向の電力密度Pに前実施例のような小ピークp1やp2の発生がなくなって分布がより均一になり、かつ $\theta D$ 積も従

来の5～7分の1に減少することが実証されている。また、全反射ミラー2の曲率をx方向とは無関係に選定できるので、レーザビームLBのy方向の $\theta$ D積を任意に設定してx方向の $\theta$ D積と容易に一致させ得る利点が生じる。なお、図の例では部分反射ミラー3の部分反射部3cが図1の実施例より狭められているのでレーザビームLBのx方向のビームウエストD、がy方向のビームウエストD、とほぼ一致しており、これに応じて図2(a)と(b)に示す電力密度Pのピーク値が前実施例より一層高くなっている。

【0028】以上の図1と図2の実施例で説明したスラブレーザ装置は例えばレーザ加工に利用され、従来よりも $\theta$ D積が小なレーザビームLBを例えば500W程度の高電力で発振して従来よりシャープに小さな焦点に集光でき、かつビーム内の電力密度が均一なので光ファイバ等の光導体を介して固体レーザ装置から加工点までレーザビームLBをトラブルなく導くことができる。

【0029】なお、以上説明した実施例に限らず本発明は種々の態様で実施が可能である。例えば、部分反射ミラー3の反射率を実施例のように2段に変えて一方を全反射部3dとする必然性はもちろんなく、必要に応じて段数や反射率を種々に選択して $\theta$ D積、ビームウエスト、ビーム内部の電力密度の分布やピーク値等を最適値に設定することができ、その形状も実施例では平板としたが場合によっては適宜な曲率をもたせるようにしてもよい。

#### 【0030】

【発明の効果】以上説明したとおり本発明では、固体のレーザ媒質を全反射ミラーと部分反射ミラーの間に挟んでレーザ共振系を構成して部分反射ミラーからレーザビームを取り出すレーザ装置に対し、部分反射ミラーの反射率を所定方向にステップ状に変化させてその姿勢を低反射率部分がレーザ媒質の端面から僅かに遠ざかるよう傾けて調整することによって、次の効果を上げることができる。

【0031】(a) 部分反射ミラーの反射率をステップ状に変化させて低反射率部からレーザビームを取り出すことによりビームウエストを狭め、かつその姿勢を傾けて調整してレーザ光の共振系内の往復路を所定方向にずらせながらレーザビームを取り出すことによりレーザ媒質内の温度勾配による屈折率変化の影響を減じてビームの広がり角を狭め、ビームウエストと広がり角で決まるレーザビームの $\theta$ D積を従来より減少させることができる。

【0032】(b) 共振系内のレーザ光の往復経路を所定方向にずらせながらレーザビームを部分反射ミラーの低反射率部から取り出す準安定共振方式なので、従来の不

安定共振方式のようにレーザ光が光軸付近に集中することがなく、 $\theta$ D積を減少させながらレーザビーム内の電力密度分布をほぼ均一にすることができる。

(c) 全反射ミラーの曲率を部分反射ミラーの反射率の変化方向と直角な方向にのみ付ける態様によれば、レーザビームの断面の互いに直角な2方向の $\theta$ D積を揃えてレーザビームの品質を一層向上させることができる。

【0033】かかる利点をもつ本発明は、スラブ形のレーザ媒質を用いる加工用等の高出力レーザ装置にとくに適し、 $\theta$ D積が小なレーザビームを焦点に高エネルギー密度でシャープに集光でき、かつビーム断面の電力密度が均一で光ファイバ等を介する高出力レーザビームの伝達を容易にする点で著効を奏するものである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による固体レーザ装置の一実施例を示し、同図(a)はその構成の概要を示す上面図、同図(b)はこれに対応する側面図、同図(c)はレーザビーム内部のx方向の電力密度の分布図、同図(d)はレーザビーム内部のy方向の電力密度の分布図である。

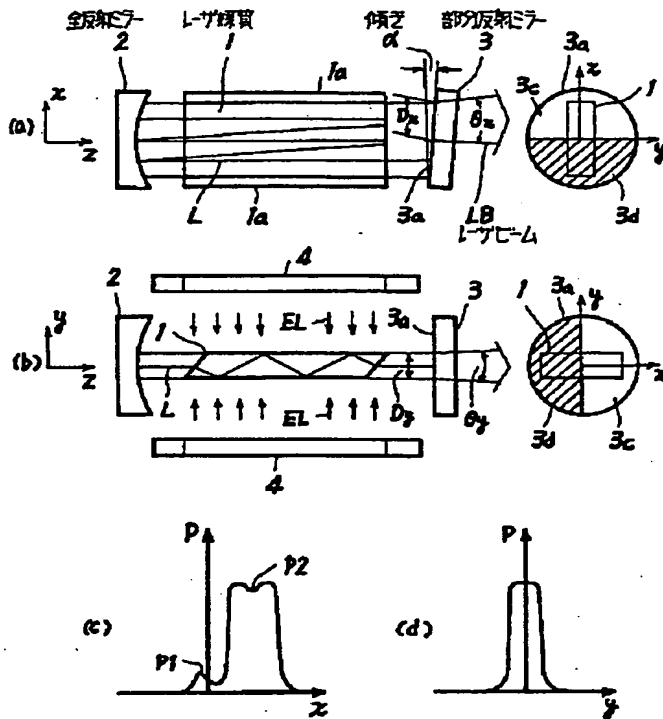
【図2】本発明の固体レーザ装置の異なる実施例を示し、同図(a)はその構成の概要を示す上面図、同図(b)はこれに対応する側面図、同図(c)はレーザビーム内部のx方向の電力密度の分布図、同図(d)はレーザビーム内部のy方向の電力密度の分布図である。

【図3】従来技術による固体レーザ装置の代表例を示し、同図(a)はその構成の概要を示す上面図、同図(b)はこれに対応する側面図、同図(c)はレーザビーム内部のx方向の電力密度の分布図、同図(d)はレーザビーム内部のy方向の電力密度の分布図である。

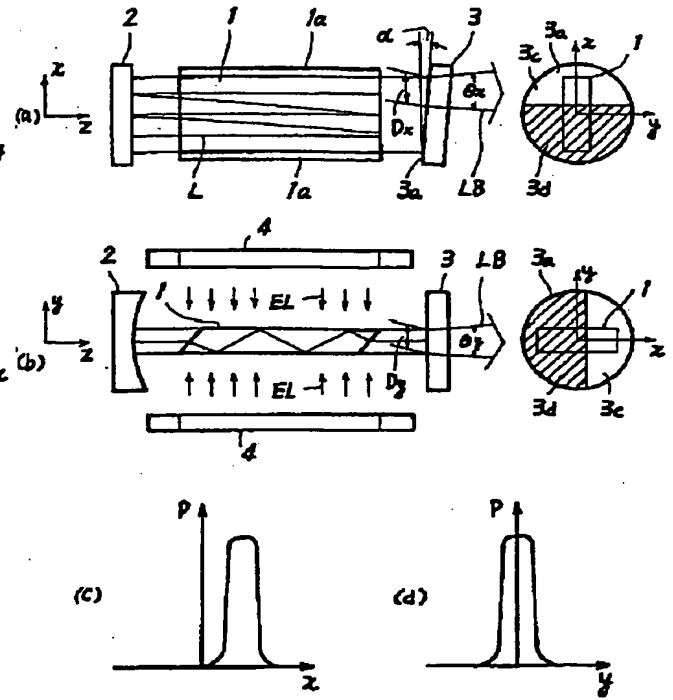
#### 【符号の説明】

- |                |                       |
|----------------|-----------------------|
| 1              | 固体のレーザ媒質ないしはスラブ形の光学結晶 |
| 2              | 全反射ミラー                |
| 3              | 部分反射ミラー               |
| 3c             | 部分反射ミラーの部分反射部         |
| 3d             | 部分反射ミラーの全反射部          |
| 4              | 励起光源                  |
| $\alpha$       | 部分反射ミラーの傾き            |
| D <sub>x</sub> | x方向のビームウエスト幅          |
| D <sub>y</sub> | y方向のビームウエスト幅          |
| L              | レーザ光                  |
| LB             | レーザビーム                |
| P              | レーザビーム内部の電力密度         |
| $\theta_x$     | レーザビームのx方向の広がり角       |
| $\theta_y$     | レーザビームのy方向の広がり角       |
| x              | レーザ媒質の幅方向             |
| y              | レーザ媒質の厚み方向            |
| z              | レーザ媒質の長さ方向            |

【図 1】



【図 2】



【図 3】

